

Aus der Veterinär-Chirurgischen Klinik der Universität Zürich

(Direktor: Prof. Dr. A. Müller)

Arbeit unter der Leitung von Dr. Ch. Fricker, Oberassistent

# **Die Betäubung von Rindern vor dem Schlachten mit Hilfe des Bolzenschuss-Apparates**

## **Inaugural - Dissertation**

zur Erlangung der Doktorwürde

der Veterinär-Medizinischen Fakultät

der Universität Zürich

vorgelegt von

**Walter Riek**

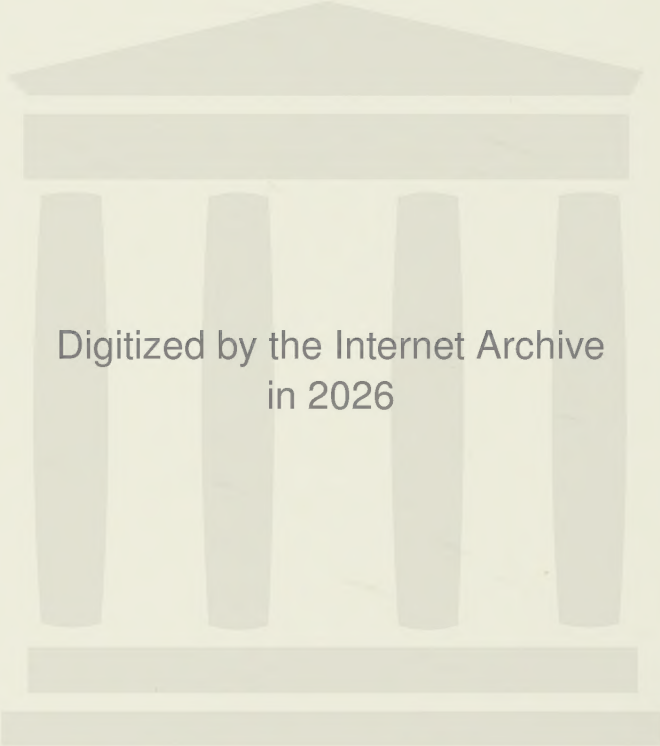
Tierarzt

von Emmen LU

Genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. A. Müller, Referent

Prof. Dr. E. Hess, Korreferent



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

Für Susan, Myriam und Samuel



# INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung
2. Die gesetzlichen Bestimmungen  
bezüglich der Betäubung von Schlachttieren
3. Die Bolzenschuss-Betäubung
  - 3.1. Das Aktivierende Retikuläre System (ARS)
  - 3.2. Bewusstseinsstörungen
  - 3.3. Das Prinzip der Bolzenschuss-Betäubung
4. Das Elektroencephalogramm (EEG)
  - 4.1. Ursprung des EEG
  - 4.2. Aktivierendes Retikuläres System (ARS) und EEG
  - 4.3. Das pathologische EEG bei Traumatisierung des ARS
  - 4.4. Zur Interpretation des EEG
5. Klinische Symptomatologie der Hirnstamm-Läsionen
6. Eigene Untersuchungen
  - 6.1. Problemstellung
  - 6.2. Methode
  - 6.3. Resultate
7. Diskussion
8. Zusammenfassung
9. Literaturverzeichnis



## 1. Einleitung

Solange Tiere dem Menschen als Nahrung dienen, ist das Töten im Schlachthof unumgänglich.

Müller und Engeli (17) stellen an die Betäubung, die dem Blutentzug vorausgeht, folgende Anforderungen:

- Das Tier soll auf schonende Weise in einen Zustand übergeführt werden, in welchem es den Entblutungsstich nicht wahrnimmt.
- Es dürfen fleischhygienisch keine nachteiligen Folgen auftreten.
- Die Methode soll routinemässig und ohne Gefahr für das Personal ausgeführt werden können.

Gegenwärtig finden folgende Betäubungsmethoden Anwendung:

1. Die mechanische Betäubung mit dem Bolzenschussapparat.
2. Die elektrische Betäubung.
3. Die chemische Betäubung mit  $\text{CO}_2$ . (5, 8)

Die mechanische Betäubung mit dem Bolzenschussapparat ist heute die übliche Methode beim Rind, Pferd und den kleinen Wiederkäuern.

## 2. Die gesetzlichen Bestimmungen

Das Tierschutzgesetz vom 9. März 1978 schreibt im siebenten Abschnitt über das Schlachten von Tieren vor:

### Art. 20 Betäubungspflicht

- <sup>1</sup> Das Schlachten von Säugetieren ohne Betäubung vor dem Blutentzug ist verboten.

### Art. 21 Betäubungsmethoden

- <sup>1</sup> Die Betäubung hat möglichst unverzüglich zu wirken; eine Verzögerung der Wirkung darf keine Schmerzen verursachen.
- <sup>2</sup> Der Bundesrat bestimmt die zulässigen Betäubungsmethoden.

### 3. Die Bolzenschuss-Betäubung

Durch die mechanische Einwirkung des Bolzens (siehe 3.3.) auf das Gehirn soll das Schlachttier in einen Zustand versetzt werden, in welchem es den Entblutungsstich nicht wahrnimmt. Für die Wahrnehmung, auch für die Wahrnehmung von Schmerz, spielt die Intaktheit der *Formatio reticularis*, d.h. des Aktivierenden Retikulären Systems, eine entscheidende Rolle. (10)

#### 3.1. Das Aktivierende Retikuläre System (ARS)      Abb. 1

Die *Formatio reticularis* ist ein komplexes Netzwerk vieler kleiner Neurone. Sie liegt im ventralen Teil des verlängerten Marks, der Brücke, des Mittelhirns, in Teilen des Zwischenhirns und zwischen den Hirnnervenkernen (9, 18). Sie stellt nach heutiger Auffassung im wesentlichen das anatomische Substrat des ARS dar (7, 9). Das ARS ist die Koordinationsstelle für die verschiedensten Impulse aus dem Grosshirn, Kleinhirn, den vegetativen Zentren und den Sinnesorganen. Die Modulation seiner Aktivität bewirkt den Wach- und Schlafrhythmus. Poek (20) spricht von der Steuerung der Vigilanz oder Wachsamkeit. Das ARS hat daher wesentlichen Einfluss auf die Aktivität des Cortex. Ohne diese "Tonisierung" ist der Cortex nicht fähig, seine gezielten Leistungen zu vollbringen (7, 9, 12, 22).

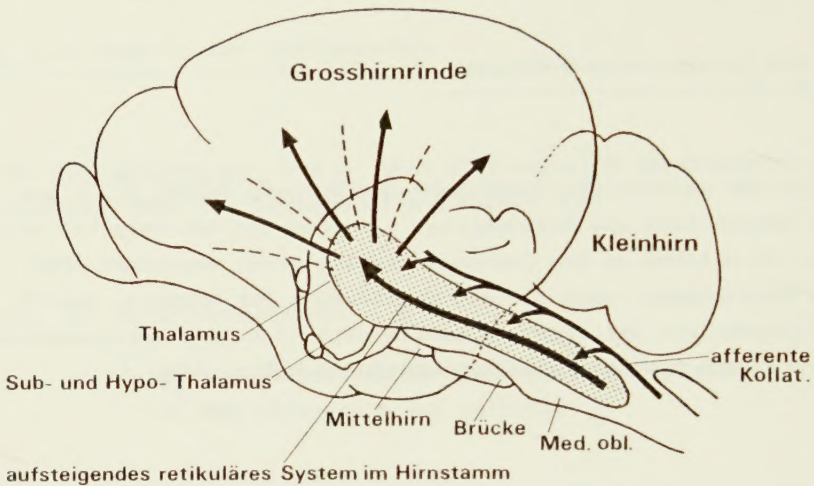


Abb. 1: Schema des Aktivierenden Retikulären Systems

### 3.2. Bewusstseinsstörungen

Man unterscheidet qualitative und quantitative Bewusstseinsstörungen. Die qualitativen Störungen befassen sich mit den Änderungen der Bewusstseinsinhalte: Z.B. Verwirrtheit oder Halluzination. Bei einer quantitativen Bewusstseinsstörung handelt es sich um die Verminderung des Wachzustandes, die je nach Grad als Somnolenz, Sopor oder Koma bezeichnet wird (22). Die quantitativen Bewusstseinsstörungen unterscheiden sich vom physiologischen Schlaf durch die verminderte oder aufgehobene Weckbarkeit (22). Die quantitativen Bewusstseinsstörungen kennen wir auch beim Tier.

Das ARS ist vor allem im oberen Bereich des Mittelhirns und des hinteren Hypothalamus auf mechanische Insulte sehr empfindlich. Leichte Erschütterungen oder Druckerhöhungen können schon Bewusstseinsstörungen verursachen (4). Verhältnismässig geringe Läsionen führen zu langanhaltendem Koma, das durch Weckreize nicht mehr unterbrochen werden kann (9, 13, 14).

Das tiefe Koma, oder Coma dépassé, geht mit völligem Fehlen der cerebralen Reflexe und der Atmung einher, verbunden mit Blutdruckabfall und Abnahme der Herzfrequenz (4, 22). Das tiefe Koma erfüllt somit die Forderungen, welche an eine gute Betäubung gestellt werden. Das Tier ist durch keinerlei peripheren oder zentralen Reize mehr weckbar und ist daher nicht mehr fähig, Schmerzen zu empfinden.

### 3.3. Das Prinzip der Bolzenschuss-Betäubung

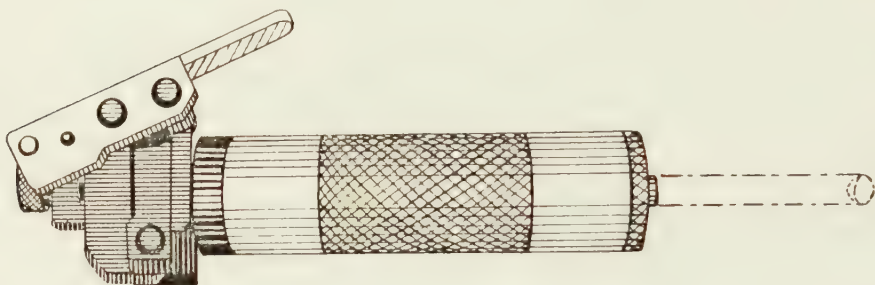


Abb. 2: Bolzenschuss-Apparat

Der Schussapparat (siehe Abb. 2) besteht aus einem Hohlzylinder, der das Patronenlager, die Zündvorrichtung und den Bolzen beinhaltet. Bei unseren Versuchen wurde der Schussapparat von Kuchen, Modell 46, verwendet.

Wird die Patrone gezündet, so wird durch deren Explosionsdruck ein 10 cm langer Bolzen von einem Durchmesser von 11,5 mm ausgestossen. Ein Hohlschliff an der Bolzenspitze verbessert dessen Durchschlagsvermögen.

Der Apparat wird dem zu betäubenden Rind im Schnittpunkt der gedachten Verbindungslinien zwischen linkem Auge und rechtem Hornansatz und rechtem Auge und linkem Hornansatz an die Stirn gedrückt. Der eindringende Bolzen verursacht dann eine offene Schädel-Hirn-Verletzung. Durch Erschütterung (intra-craniale Druckwelle), Quetschung und Zertrümmerung des ARS wird das Rind betäubt.

#### 4. Das Elektroencephalogramm (EEG)

Die ständig ablaufende bioelektrische Aktivität des Gehirns ist unabdingbar mit dem Leben verknüpft (6). Bioelektrische Ruhe gibt es nur:

- am toten Gehirn
- in agonalen Stadien tiefer Komata
- bei zerebraler Anoxie
- nach einem grossen epileptischen Anfall (6).

Die Elektroencephalographie wird neben der neurologischen Untersuchung als Mittel zur Diagnostik von Gehirnfunktionsstörungen herangezogen.

Die Aufzeichnung der EEG's bei verschiedenen Säugern zeigt eine grosse Aehnlichkeit (9). Wichtige Erkenntnisse, die sich am menschlichen Hirn bestätigt haben, verdanken wir Untersuchungen an Katzen-, Hunde-, und Affenhirnen (3, 13).

Ruckebusch (21) untersuchte den Schlaf bei Kühen und entdeckte dabei paradoxe Schlafstadien, die sich im EEG im Prinzip wie beim Menschen dargestellt haben. Am deutlichsten zeigt das EEG der verschiedenen Säuger Uebereinstimmung bei generellen Gehirnfunktionen, wie z.B. bei der Aufrechterhaltung des Wach- und Schlafrhythmus durch das ARS (6, 9, 13).

#### 4.1. Der Ursprung des EEG

Der Ursprung der Potentialschwankungen, welche im EEG aufgezeichnet werden, ist noch nicht restlos geklärt. Mit grösster Wahrscheinlichkeit liegt er im Cortex, da Potentialschwankungen im Hirngewebe nur wenige Zentimeter vom Orte ihrer Entstehung entfernt messbar sind (6). Als gesichert gilt, dass der Entladungsrhythmus in der Hirnrinde, und damit die Frequenz der Wellenfolge im EEG, durch Impulse aus dem ARS moduliert wird. Diese Impulse gelangen über das unspezifische Projektionssystem des Thalamus in den Cortex (6, 9, 12).

#### 4.2. Aktivierendes Retikuläres System (ARS) und EEG

Die physiologischen Wach- und Schlafstadien sind im EEG durch bestimmte Wellenformen erkennbar (9).

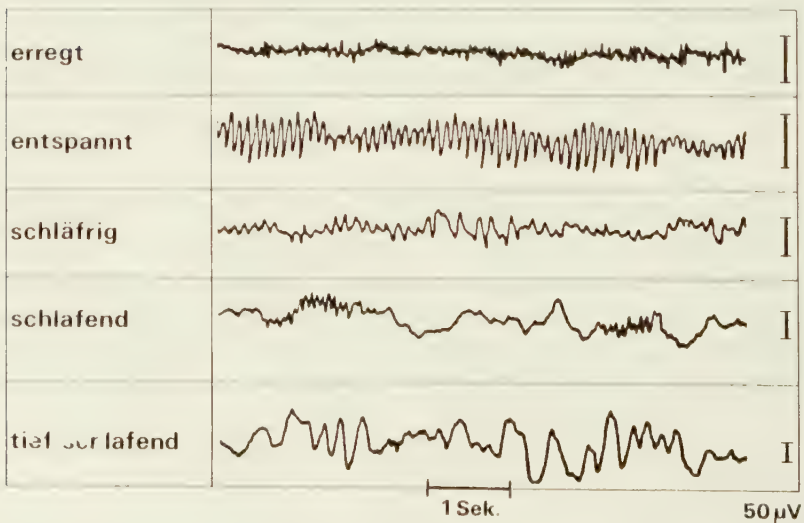


Abb. 3: EEG bei Erregung und Schlaf beim Menschen

Diese Wellen sind durch ihre Frequenzen und ihre Amplituden charakterisiert, und können vom gesamten Cortex abgeleitet werden (6). Das physiologische EEG hat folgende Frequenzklassen:

Beta - Wellen : 14 - 30/Sek.

Alpha - Wellen : 8 - 13/Sek.

Theta - Wellen : 4 - 7/Sek.

Delta - Wellen : 0,5 - 3/Sek.

Das ARS ist fähig, den Wachzustand blitzartig herzustellen (9, 12, 13). Dieser Vorgang wird als Aufwach-Reaktion ("arousal"-Reaktion) oder Alarm-Reaktion bezeichnet. Die Alarm-Reaktion kann durch jede Art von Sinnesreiz, insbesondere durch Schmerzimpulse, ausgelöst werden (9, 13). Die afferenten Impulse aus dem Körper gelangen dabei schon im Hirnstamm ins ARS (6, 9, 13). Aber auch Impulse aus dem Cortex selber können über das ARS eine Alarm-Reaktion auslösen (9). Im EEG eines entspannten oder schlafenden Tieres ist die Alarm-Reaktion am plötzlichen Auftreten von unregelmässigen, schnellen Wellen mit kleiner Amplitude zu erkennen (9, 13). Sie entsprechen den Wellen bei hellwachen Tieren (13). Weil die regelmässigen Rhythmen der schlafenden oder entspannten Tiere durch die unregelmässigeren Rhythmen des Wachzustandes abgelöst werden, nennt man diese Veränderung des EEG's auch Desynchronisation. Alles was die Aufmerksamkeit eines Tieres erregen kann, führt im EEG zu dieser Desynchronisation (9, 12, 13). In einem desynchronisierten EEG sind somit weitere Alarm-Reaktionen nicht mehr zu erkennen (12).

#### 4.3. Das pathologische EEG bei Traumatisierung des ARS

Die Beschreibung des pathologischen EEG's stützt sich auf folgende Kriterien:

- Frequenz und Amplitude der Wellen
- Unterschiedliche Rhythmen in den einzelnen Hirnregionen
- Anfallmuster, deren örtliche Verteilung und zeitlicher Ablauf (6).

Man unterscheidet Allgemeinveränderungen von Herdveränderungen. Bei den Allgemeinveränderungen handelt es sich um Störungen, die über beiden Hemisphären vorhanden sind. Treten vorzugsweise Theta-Wellen auf, ist die Allgemeinveränderung als mittelgradig zu bezeichnen. Dominieren die Delta-Wellen, so ist die Allgemeinveränderung hochgradig. Ist zusätzlich eine Herdveränderung vorhanden, besteht das EEG meistens aus einem Gemisch von Theta- und Delta-Wellen, in welchen Alpha- und Beta-Wellen eingestreut sein können (25). ARS-Läsionen führen zu einer Allgemeinveränderung. Häufig geht der Grad der Allgemeinveränderung parallel zum Grad der Bewusstseinsstörung (6). Es gibt jedoch Ausnahmen (6, 15, 19, 24). Erschütterung und Zertrümmerung des ARS, wie sie bei offenen Schädel-Hirn-Verletzungen auftreten können und mit Bewusstlosigkeit verbunden sind, lösen immer eine hochgradige Allgemeinveränderung aus (6, 13, 14, 16, 25). Im finalen Stadium eines Komas und bei Gehirntod herrscht bioelektrische Stille in Form eines "Null-Linien-EEG's" (6).

#### 4.4. Zur Interpretation des EEG's

Das EEG ist ein diagnostisches Hilfsmittel. Es ist daher nur in Verbindung mit einem klinischen Befund aussagekräftig. Die Aktivitätsänderungen sind stereotyp und wenig variabel. Pathognomonische Wellenbilder sind Ausnahmen (z.B. Epilepsie). Eine Allgemeinveränderung in Form von langsamer Frequenz und hoher Amplitude kann verschiedene Ursachen haben: Es kommen subdurale Hämatome, ausgedehnte Rindenprellungsherde, Meningitiden in Frage.

Für die vorliegende Untersuchung bedeutet dies: Um eine Läsion des ARS sicher nachzuweisen, muss der EEG-Befund mit dem klinischen Bild übereinstimmen (6, 11).

#### 5. Klinische Symptomatologie der Hirnstamm-Läsionen

Entsprechend den zahlreichen Funktionen des Hirnstammes sind die Ausfallerscheinungen mannigfaltig.

Bewusstseinslage, Reaktion auf Schmerzreize, Pupillar-Reflex, Bulbusbewegungen, Körperhaltung, Schutzreflexe, Vitalfunktionen (Atmung, Kreislauf) geben klinisch die wichtigsten Hinweise für eine Hirnstammschädigung (1, 4, 7).

Je nach Schweregrad, Lokalisation und Ausdehnung der Läsion ändert sich das klinische Bild (1). Traumatische Schädigung des Hirnstammes führt in der Regel rasch zum Tode (1). In der

Humanmedizin kommen daher vor allem Hirn-Verletzte zur Untersuchung, bei welchen die Hirnstammschädigung als Folge eines intrakraniellen Hämatoms oder Hirnödems entstanden ist (1).

Amann et al. (1) unterscheiden 2 Symptomkomplexe:

- Das akute, traumatische Mittelhirnsyndrom

Vollbild: Bewusstlosigkeit; Pupillen erweitert, herabgesetzte Lichtreaktion; keine spontanen Bulbusbewegungen; Bulbi in Divergenzstellung; Streckstellung aller Extremitäten und des Rumpfes (Enthirnungsstarre); Hyperreflexie; Muskeltonus erhöht; Atmung beschleunigt, maschinenartig; Blutdruck und Herzfrequenz erhöht.

- Das akute, traumatische Bulbärhirnsyndrom

(Schädigung der Medulla oblongata)

Vollbild: Bewusstlosigkeit; Pupillen maximal weit, reaktionslos; keine spontanen Bulbusbewegungen; Divergenzstellung der Bulbi; Muskulatur atonisch, keine spontane Motorik, Sehnenreflexe fehlend; Atemstillstand; Blutdruck und Herzfrequenz sinkend.

Die beiden Syndrome unterscheiden sich vor allem im motorischen Verhalten und in der Beeinträchtigung der Vitalfunktionen (Atmung, Kreislauf). Das Bulbärhirnsyndrom führt zum Zusammenbruch der motorischen und vegetativen Funktionssysteme des Hirnstammes (1). Die Symptome des Bulbärhirnsyndroms sind aber auch identisch mit den klinischen Zeichen des tiefen Komas und des Gehirntodes.

Für die Diagnose Gehirntod müssen in der Humanmedizin zusätzlich

- der angiographisch nachweisbare Kontrastmittelabbruch der Hirnarterien an ihrer Eintrittsstelle in den Schädelinnenraum und
- ein Null-Linien-EEG festgestellt werden (6).

Spinale Reflexe-als Fremdrelexe oder Eigenreflexe können erhalten sein (6).

## 6. Eigene Untersuchungen

### 6.1. Problemstellung

Bei der Betäubung von Rindern mit einem Bolzenschuss-Apparat können im Anschluss an das Niederstürzen Krampfanfälle beobachtet werden. Diese lassen Zweifel an der Wirksamkeit der Betäubung aufkommen.

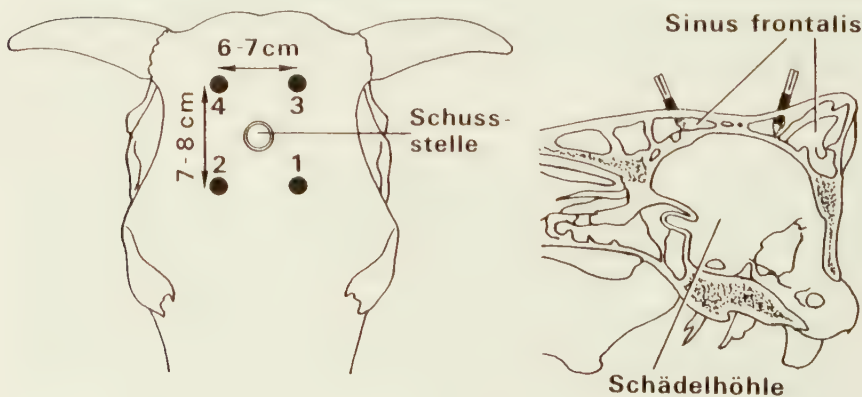
Die Arbeit soll daher folgende Frage beantworten:

Ist der Betäubungsgrad mit der Bolzenschuss-Methode genügend und können Schmerzempfindungen als Ursachen für die Krampfanfälle ausgeschlossen werden ?

## 6.2. Methode

Um die Betäubung zu beurteilen, wurden von 12 Kühen vor und nach dem Schuss mit dem Bolzenschuss-Apparat das Elektroencephalogramm (EEG), das Elektrokardiogramm (EKG) und der Blutdruck registriert. Gleichzeitig wurden die Augenmotorik, die Augenreflexe und die Atmung geprüft. Zusätzlich hielten wir die Krampfanfälle zeitlich fest, die im Verlauf des Versuches auftraten.

Unter Lokalanästhesie eröffneten wir an 4 Stellen auf der Stirn jedes Versuchstieres den Sinus frontalis, indem wir zuerst an jeder Stelle ein viereckiges Hautstück entfernten und darauf die Lamina externa des Schädeldaches durchbohrten. Als Elektroden verwendeten wir mit einem Teflonmantel isolierte Nickel-Stahlstifte. Diese trieben wir mit vorsichtigen Schlägen durch die Bohrlöcher in den Sinus frontalis vor, bis die nicht isolierten Elektrodenspitzen die gewölbte Lamina interna des Schädeldaches berührten. (Abb. 4)



Lage der Elektroden

Abb. 4 a in der Aufsicht

Abb. 4 b im Längsschnitt

Nach der Implantation der Elektroden wurden die Tiere in den Versuchsraum geführt. Um die Messungen durch das Niederstürzen nicht zu behindern, legten wir die Kühe auf den Operationswagen, Modell Hannover, und fixierten sie in der üblichen Weise.

Zu Beginn und am Ende der Versuche wurden die Ohmschen Widerstände zwischen den Elektroden gemessen, um den Kontakt der Elektroden mit dem Körper zu überprüfen.

Das EEG wurde bipolar abgeleitet: Die Potentialschwankungen zwischen je 2 Elektroden führten wir dem EEG-Schreibgerät\* zu. Die Abbildung 5 zeigt die so entstandenen 4 verschiedenen Elektroencephalogramme auf den 4 Kanälen (Wach-EEG, Ausgangslage).

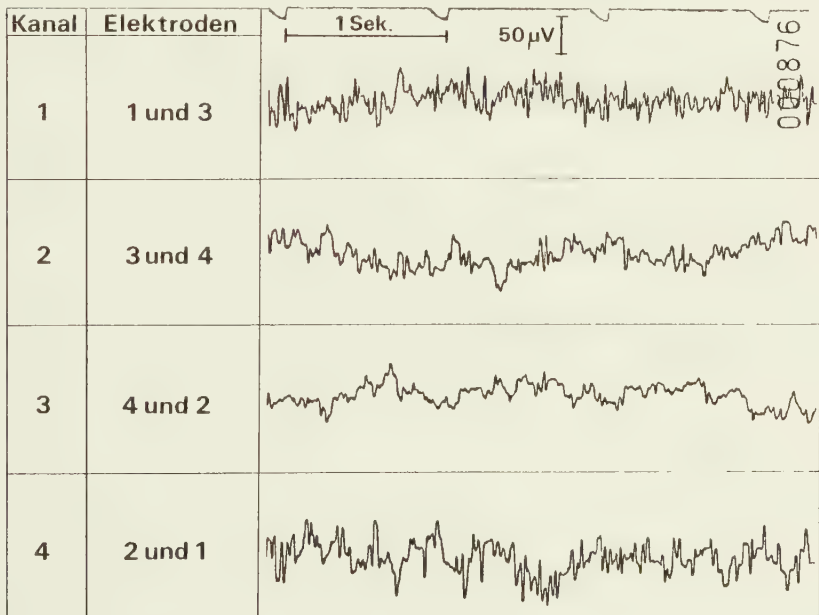


Abb. 5: Ausgangslage: Desynchronisiertes EEG

Der Blutdruck wurde blutig und peripher gemessen. Nach der Methode von Becker (2) implantierten wir den Kühen einige Tage vor dem Versuch unter Lokalanästhesie einen Kunststoff-Katheter in die linke A. temporalis superficialis. Ueber einen Druckwandler schlossen wir den Katheter an das Registriergerät\* an.

Das EKG wurde mit demselben Gerät 3-kanalig entsprechend der bipolaren Extremitäten-Ableitung nach Einthoven aufgezeichnet.

Nach Registrierung der Ausgangswerte wurden die Kühe mit dem Bolzenschuss-Apparat betäubt und nach frühestens 78 Sekunden, im Durchschnitt nach 124 Sekunden, entblutet (Durchtrennung des Truncus brachiocephalicus und der Vena cava cranialis). Danach setzten wir die Registrierungen während 2-5 Minuten fort. Im Anschluss an die Versuche wurden die Köpfe seziiert. Uns interessierte besonders:

- Der Verlauf und die Tiefe des Bolzenschusskanales
- das makroskopisch-anatomische Bild der Läsion
- die Lage der Hämatome in der Schädelhöhle im Bezug zu den Elektrodenableitungspunkten.

---

\* Mingograf 61, Siemens-Elena

### 6.3. Resultate

#### EEG

Im Wachzustand zeigten alle 12 Kühe ein EEG mit Beta-Aktivität und eingestreuten Theta-Wellen. Die durchschnittliche Frequenz betrug 25,6 Hz. Schneider (23) fand bei den von ihm untersuchten Rindern im Wachzustand im Mittel eine Frequenz von 29,8 Hz.

Applizierte Schmerzreize, wie Nadelstiche und Kneifen des Zwischenklauenspaltes, die Abwehrbewegungen zur Folge hatten, provozierten keine Alarm-Reaktion, sodass dieses Wellenbild einem desynchronisierten EEG entsprechen musste.

Bewegungsartefakte waren als langsame Schwankungen zu erkennen, die synchron zu den Bewegungen abliefen. Nach dem Schuss wurde das Gerät jedesmal für einige Sekunden übersteuert. Die beurteilbaren Kanäle wiesen aber kurzfristig eine starke Depression des EEG's auf.

Bei 6 Kühen (Nr. 2, 3, 5, 7, 10, 12) ging diese wenige Sekunden dauernde Anfangsphase in eine hochgradige Allgemeinveränderung in Form von Delta-Wellen über.

Bei 6 Kühen (Nr. 1, 4, 6, 8, 9, 11) waren die Delta-Wellen mehr oder weniger deutlich mit höheren Frequenzen überlagert. Bei Kuh Nr. 6 war zusätzlich eine Herdveränderung zu sehen.

Bei 11 Kühen wurden die Wellen durchschnittlich nach 71 Sekunden träger und niedriger und flachten zu einem Null-Linien-EEG ab. In Abb. 6 ist der typische Verlauf des EEG's dieser 11 Kühe am Beispiel von Kuh Nr. 10 gezeigt. Die trägen Schwankungen im Wach-EEG sind Bewegungsartefakte. Bei der Kuh Nr. 6, Abb. 7 war die Allgemeinveränderung zuerst hochgradig, ab der 210. Sekunde war die Veränderung in den Kanälen 1 und 2 hochgradig und in den Kanälen 3 und 4 mittelgradig. Dies sprach für eine Allgemeinveränderung mit einem Herdbefund. Erst der nach 398 Sekunden gesetzte Entblutungsstich hatte 30 Sekunden später ein Null-Linien-EEG zur Folge. Der Entblutungsstich löste in keinem Kanal eine Alarm-Reaktion aus.

Abb. 6: (Kuh Nr. 10)

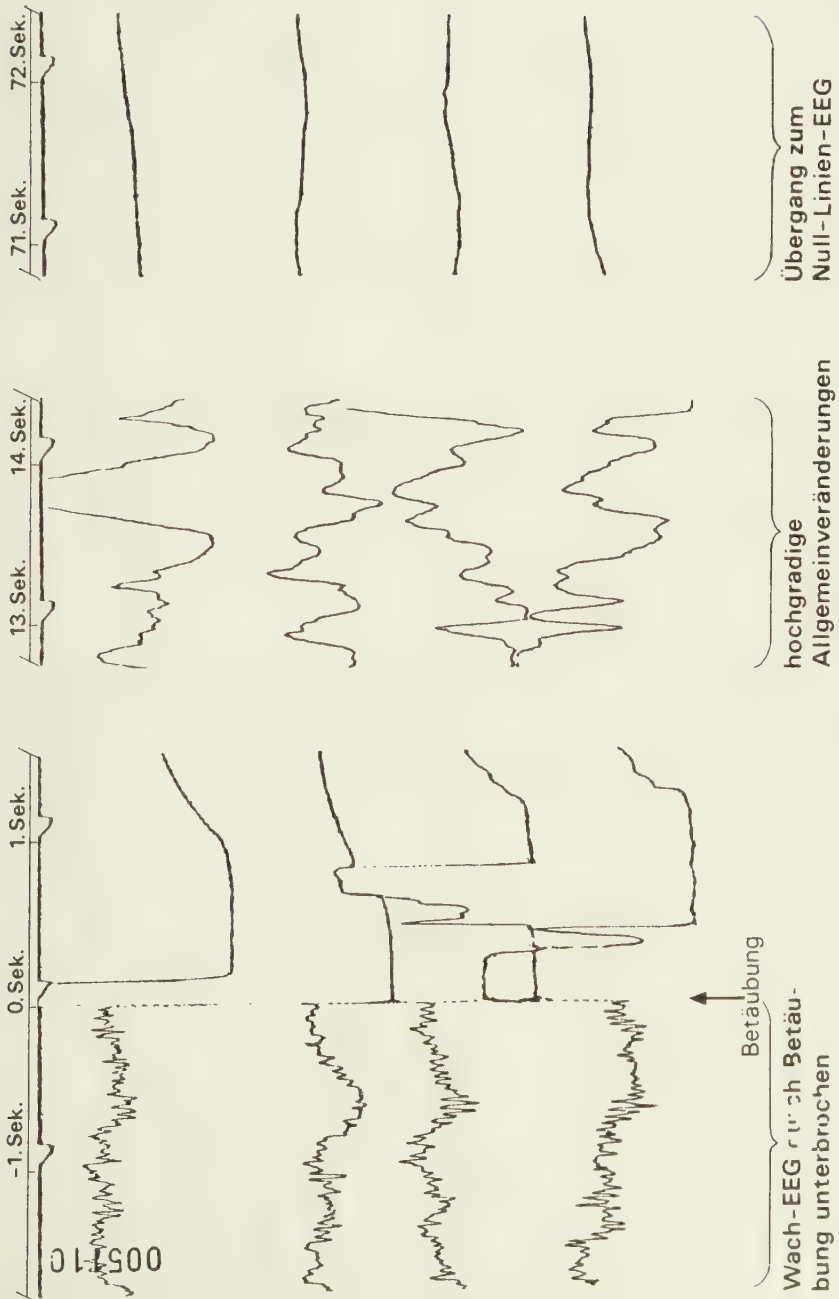
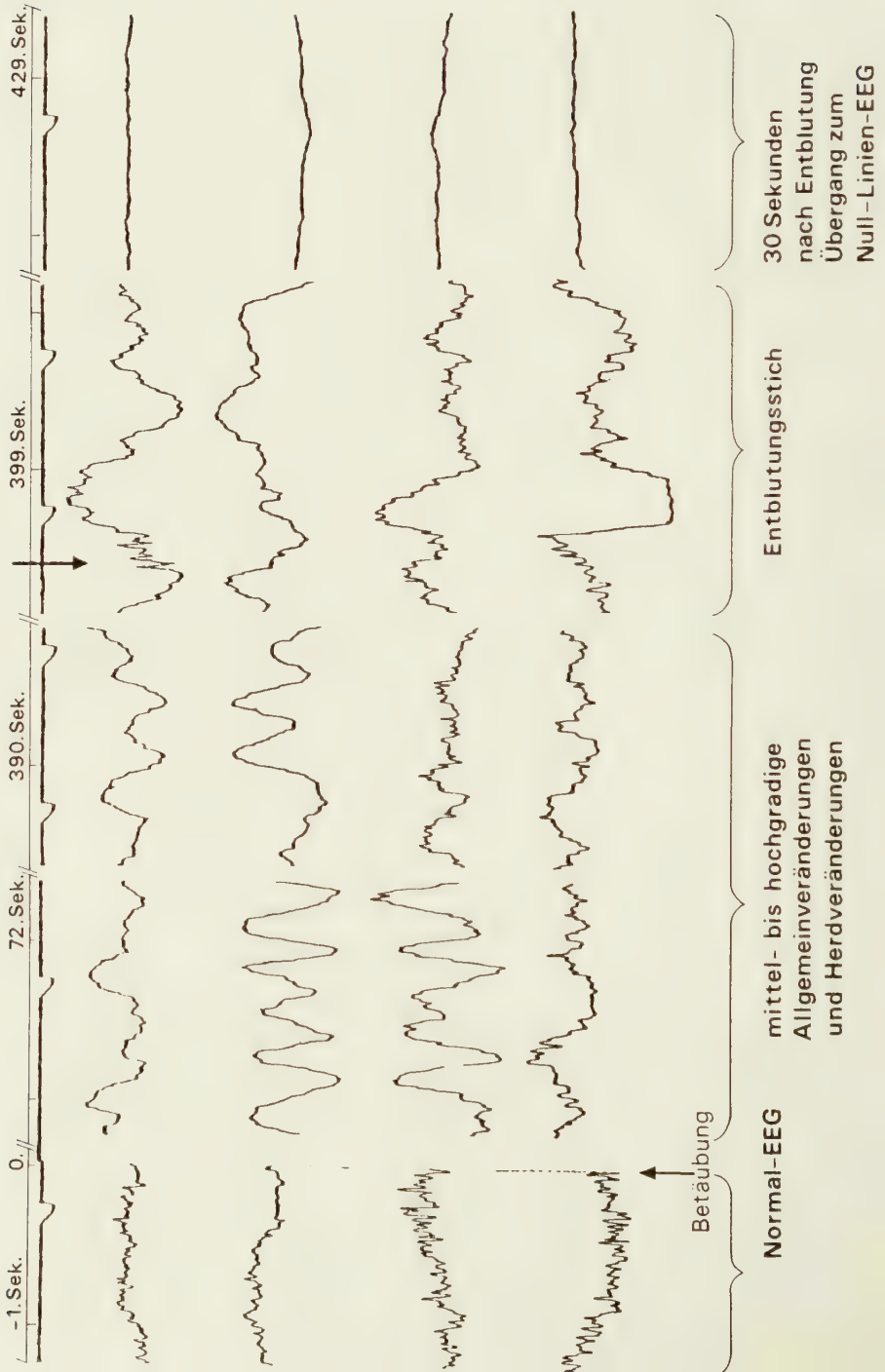


Abb. 7: (Kuh Nr. 6)



### Krampfanfälle

Die Beziehung der EEG-Verläufe und der Krampfanfälle ist in Abb. 8 und 9 dargestellt.

93,4 % der Krampfanfälle aller Kühe traten in der Phase des Null-Linien-EEG's auf.

6,6 % der Krampfanfälle traten in der Phase der Allgemeinveränderung auf. Davon waren 5 sehr schwach und 2 sehr heftig. Diese beiden fanden 8-10 Sekunden nach dem Schuss statt. Keiner der Krampfanfälle löste aber eine Alarm-Reaktion im Sinne einer Desynchronisation aus.

| Kuh Nr.         | 1   | 2   | 3 | 4  | 5  | 6 | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | Total       |
|-----------------|-----|-----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|----|-------------|
| Verändertes EEG |     |     |   |    | 2  |   | 1  | 2  | 1 | 1  |    |    | 7 ( 6,6%)   |
| Null-Linien-EEG | (3) | (3) | 8 | 19 | 15 | 6 | 13 | 11 | 5 | 5  | 7  | 4  | 99 ( 93,4%) |
| Total           | 3   | 3   | 8 | 19 | 17 | 6 | 14 | 13 | 6 | 3  | 7  | 4  | 106 (100%)  |

Abb. 8: Verteilung der Krampfanfälle auf die EEG-Phasen

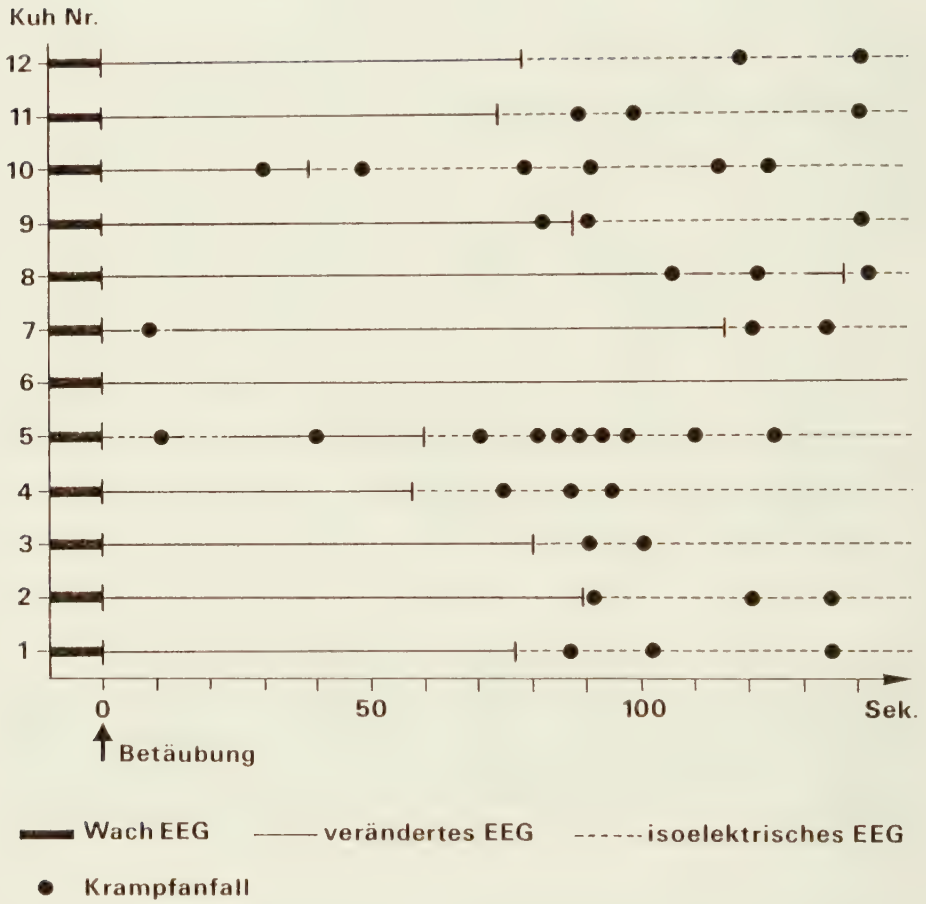


Abb. 9: Relation der Krampfanfälle zu den EEG-Phasen

## Reflexe

In allen 12 Fällen erloschen sofort nach der Betäubung beidseitig der Palpebral-, Corneal-, und Pupillar-Reflex. Die Pupillen waren mittelweit bis weit, am Ende des Versuchs ausnahmslos weit gestellt. Augenbewegungen traten nie auf.

## Atmung

Die Atmung setzte in allen 12 Fällen sofort aus. Bei der Kuh Nr. 6 setzte nach 2 Minuten wieder eine oberflächliche, beschleunigte Atmung (60 Hz) ein.

## Herzschlagfrequenz und Blutdruck

Die Herzschlagfrequenz betrug 10 Sekunden vor der Betäubung im Mittel 69 Schläge pro Minute. 10 Sekunden nach der Betäubung lag sie im Mittel bei 98 Schlägen pro Minute. Danach fiel sie ab, bis nach durchschnittlich 75 Sekunden der Ausgangswert wieder erreicht war. Abb. 10.

Der Blutdruck zeigte einen ähnlichen Verlauf. Der durchschnittliche systolische Blutdruck betrug 10 Sekunden vor der Betäubung 186 mmHg. Der Anstieg war aber weniger deutlich und von kürzerer Dauer als bei der Herzschlagfrequenz. 12 Sekunden nach der Betäubung hatte der durchschnittliche systolische Blutdruck den Ausgangswert schon wieder erreicht. Anschliessend sank er kontinuierlich ab und betrug nach 100 Sekunden 122 mmHg. Abb. 11.

Der durchschnittliche diastolische Blutdruck betrug 10 Sekunden vor der Betäubung 128 mmHg. Nach kurzfristigem, geringem Anstieg

erreichte er schon nach 12 Sekunden wieder den Ausgangswert. Nach stetigem Abfall lag der durchschnittliche diastolische Blutdruck nach 100 Sekunden bei 46 mmHg. Abb. 11. Ausnahmen bildeten die Herzschlagfrequenz der Kuh Nr. 2 und der Blutdruck der Kuh Nr. 6. Die Herzschlagfrequenz der Kuh Nr. 2 stieg vom Ausgangswert von 60 Schlägen pro Minute überdurchschnittlich hoch an. Nach 10 Sekunden betrug sie 156 Schläge pro Minute. Sie fiel nie auf den Ausgangswert zurück, sondern lag nach 70 Sekunden bei 102 und nach 120 Sekunden bei 132 Schlägen pro Minute. Abb. 10.

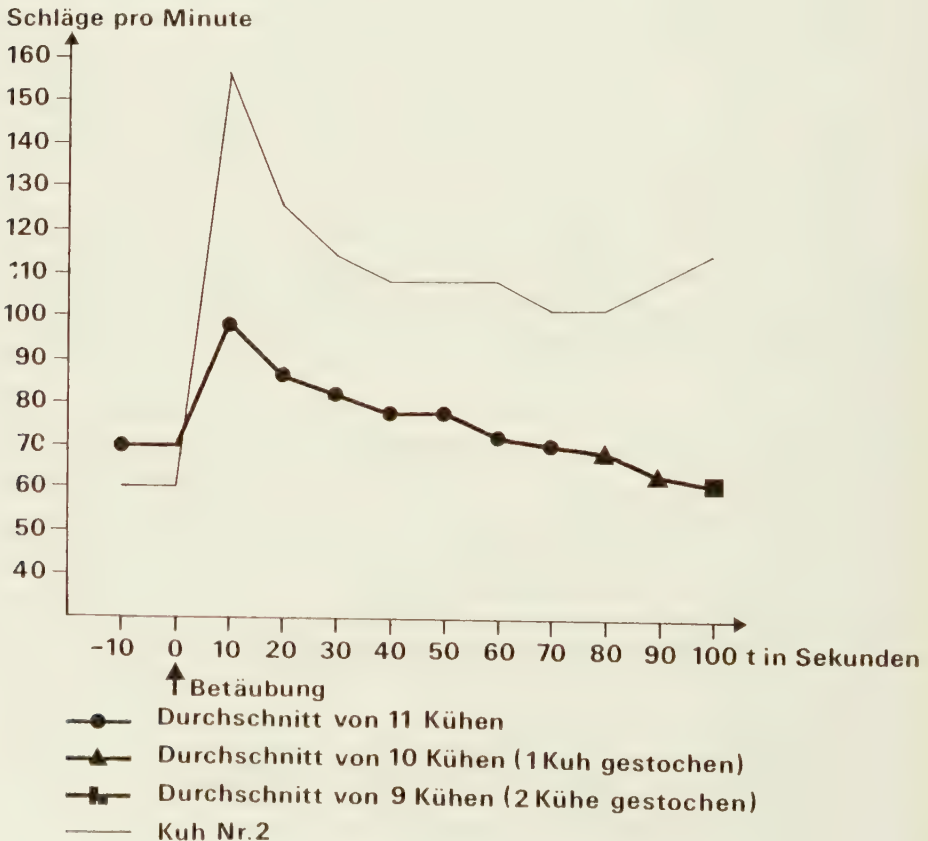


Abb. 10: Herzschlagfrequenz

Der systolische bzw. diastolische Blutdruck der Kuh Nr. 6 mit den Ausgangswerten 174 mmHg bzw. 108 mmHg begann erst nach 15 Sekunden anzusteigen. Er erreichte nach 40 Sekunden 300 mmHg bzw. 190 mmHg und fiel dann stetig ab bis auf Werte von 250 mmHg nach 100 Sekunden, ohne die Ausgangswerte zu erreichen. Abb. 11.

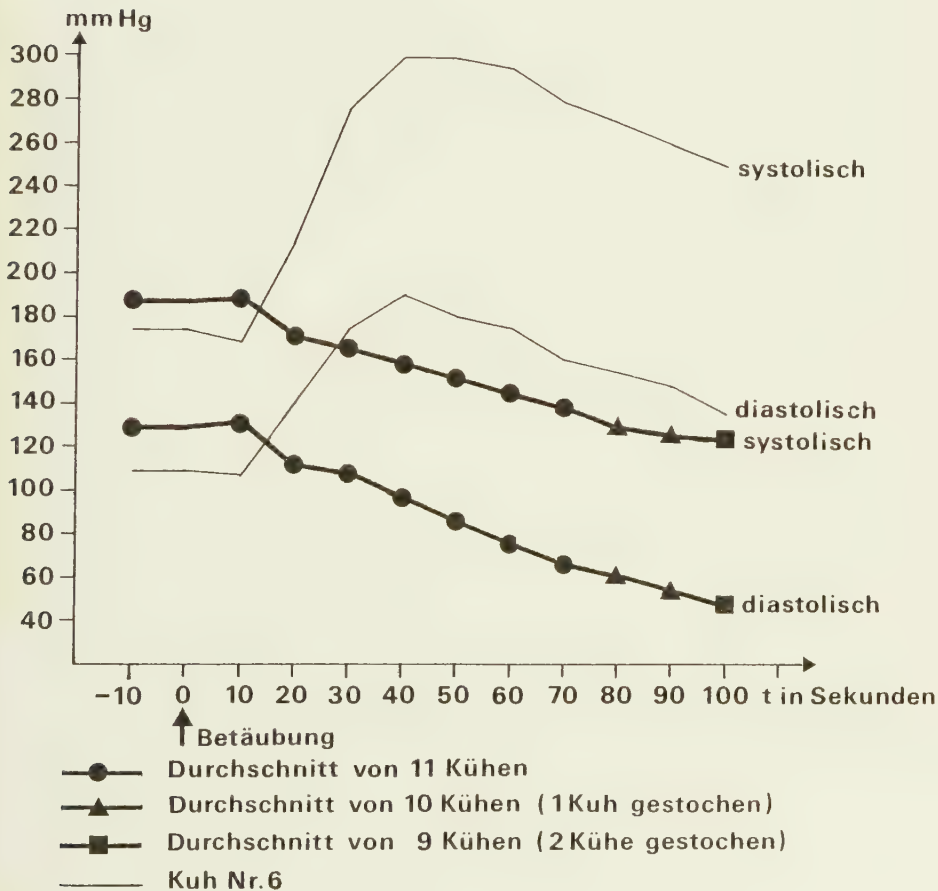


Abb. 11: Blutdruck

### Makroskopischer Sektionsbefund

Aus der Haut und der Lamina externa des Schädeldaches stanzte der Bolzen eine kreisrunde Oeffnung heraus. Die Lamina interna war in 2 Fällen (Kuh Nr. 3 und 4) um das Einschussloch herum etwas aufgesplittert. An der Hemisphärenoberfläche waren die Läsionen dadurch um etwa 10-15 mm im Durchmesser grösser als in den andern Fällen. In 4 Fällen (Kuh Nr. 2, 3, 7, 10) verlief der Schusskanal median in der grossen Gehirnsichel und caudal des Sulcus transversus. In 6 Fällen (Kuh Nr. 5, 6, 8, 9, 11, 12) wurde die rechte Hemisphäre und in 2 Fällen (Kuh Nr. 1, 4) die linke Hemisphäre nahe der Fissura longitudinalis cerebri durchschossen. Am Ende des Schusskanals lag regelmässig eingestanztes Haut- und Knochenmaterial. Die Tiefe der kanalförmigen Verletzung betrug von der Hautoberfläche bis zum Imprimat gemessen 7-11,5 cm, im Durchschnitt 10 cm.

In 10 von 12 Fällen konnten makroskopisch umschriebene Hirnstamm-Zertrümmerungen festgestellt werden. Sie befanden sich zwischen Massa intermedia des Thalamus und dem Pons. Bei der Kuh Nr. 6 war nur die rechte Hemisphäre durchschossen. Der Hirnstamm schien makroskopisch nicht verletzt. Das Imprimat lag 10,5 cm tief rechts lateral vom Mittelhirn. Bei der Kuh Nr. 2 drang der Bolzen nur 7 cm ein. Das Imprimat lag median über der Massa intermedia auf der Höhe des Gehirnbalkens. Die contusionellen Schädigungen, die makroskopisch nicht sichtbar und abgrenzbar waren, müssen aber je nach Richtung des Impulses des Bolzens als beträchtlich angenommen werden.

Rhexis-Blutungen beobachteten wir in allen Fällen im Bereich der Schädeldachverletzung und entlang dem Schusskanal. Massive subdurale Hämatomate wurden immer im Bereich des Hirnstammes gefunden. Die seitliche Ausdehnung Richtung Kleinhirn und Grosshirn war unterschiedlich. Sie erreichte aber in keinem Fall die Ableitungspunkte des EEG's. Ebenso wenig konnten makroskopische Hirnrindenläsionen im Bereich der Ableitungspunkte gefunden werden.

## 7. Diskussion

Bei 10 von 12 Kühen deuteten

- die ausgeprägte Allgemeinveränderung im EEG in Form von Delta-Wellen, gefolgt von einem Null-Linien-EEG
- das Erlöschen sämtlicher Augenreflexe und Augenbewegungen
- der Atemstillstand
- die fallende Tendenz von Blutdruck und Herzschlagfrequenz nach einem initialen Anstieg
- und das Fehlen einer spontanen Motorik während der Phase der Allgemeinveränderung im EEG

auf eine hochgradige Hirnstamm-Läsion hin, die durch die makroskopischen Sektionsbefunde bestätigt wurde. Die Symptome stimmen mit jenen des Bulbärhirnsyndroms (1), oder des tiefen Komas (6) überein. Die 10 Kühe waren somit wirksam betäubt und konnten keine Schmerzen wahrnehmen.

Der Befund der Kuh Nr. 2 unterschied sich nur durch die erhöhte Herzschlagfrequenz und die geringere Eindringtiefe des Bolzens ins Gehirn. Die restliche Symptomatologie, wie auch die Stossrichtung des Bolzens liessen aber auf Kontusionsherde im Hirnstamm schliessen. Die Betäubung darf als ausreichend betrachtet werden.

Der Befund der Kuh Nr. 6 unterscheidet sich durch wiedereinsetzende Atmung, erhöhten Blutdruck und geringgradigere EEG-Störungen vom oben genannten Bild. Die Vitalfunktionen Atmung und Kreislauf waren weniger stark beeinträchtigt. Es schien hier der Zusammenhang mit dem sogenannten Mittelhirnsyndrom (1) gegeben. Makroskopisch konnte zwar keine Läsion im Hirnstamm gefunden werden. Das Imprimat befand sich dicht rechts neben dem Mittelhirn. Schädigungen im Sinne einer Kontusion des Mittelhirns muss auf Grund des klinischen Bildes angenommen werden. Auf den Entblutungsstich erfolgte bei der Kuh Nr. 6 keine Alarm-Reaktion im EEG (Abb.7). Zumindest in den Ableitungen ohne Herdbefund (3 und 4) müsste eine Desynchronisation zu sehen sein. Die Betäubung war somit auch bei diesem Tier ausreichend.

93,4 % der Krampfanfälle traten erst in der Phase des Null-Linien-EEG's auf. Die abklingende Gehirnaktivität schien zu einer unkontrollierten und gesteigerten medullären oder spinalen Reflex-tätigkeit zu führen. Der Befund der Kuh Nr. 6 bestätigte

dies: Die anhaltende, aber deutlich veränderte Aktivität verhinderte die Krampfanfälle. Schwache Krampfanfälle traten erst auf, als die Entblutung das Erlöschen der Gehirnaktivität verursachte. Die selten auftretenden Krampfanfälle während der Phase der Allgemeinveränderung im EEG wurden durch keine Alarm-Reaktionen begleitet. Die beiden Krampfanfälle, die 8-10 Sekunden nach der Betäubung auftraten, glichen sehr epileptiformen Anfällen. Epilepsien nach Schädel-Hirn-Traumen wurden beschrieben (6).

Die richtige Handhabung des Bolzenschuss-Apparates ist die Voraussetzung für eine optimale Betäubung. Der Apparat muss im rechten Winkel an der auf S. 12 beschriebenen Stelle kräftig an die Stirn gedrückt werden. Nur so ist die Einwirkung des Bolzens auf den Hirnstamm gewährleistet.

Für die Beurteilung der Effizienz der Bolzenschuss-Betäubung können die folgenden Kriterien herangezogen werden:

- Das Tier muss sofort niederstürzen
- es darf keine Aufstehversuche unternehmen
- die Augen müssen starr und reflexlos sein
- die Atmung muss ausfallen.

Sind diese Bedingungen erfüllt, so ist das Tier wirksam betäubt und nimmt den Entblutungsstich nicht wahr.

## 8. Zusammenfassung

Die Bolzenschuss-Betäubung wurde bei 12 Kühen anhand von Elektroencephalogrammen, Messungen von Herzschlagfrequenz, Blutdruck und Atmung, von Augenreflexen, Augenmotorik und einer Sektion untersucht. Alle Tiere wiesen die Symptomatologie von Hirnstamm-Läsionen auf, die momentan auftrat und eine Schmerzwahrnehmung ausschliesst. 93,4 % der Krampfanfälle traten während des Null-Linien-EEG's auf. Als auslösende Ursache der Krampfanfälle kann der Aktivitätsverlust des Grosshirns mit folgender gesteigerter medullärer oder spinaler Reflextätigkeit und nicht eine Schmerzempfindung angesehen werden.

## 9. Literaturverzeichnis

---

- 1 Amann E. et al.  
Symptomatologie der akuten, sekundär traumatischen Hirnstamm-  
schäden.  
Hefte zur Unfallheilk., 111, 232, 1972
- 2 Becker M.  
Eine Methode des arteriellen Zugangs beim Rind.  
Schweiz. Arch. Tierheilk., 119, 193, 1977
- 3 Bremer F.  
Cerveau isolé et physiologie du sommeil.  
C.R. Soc. Biol. Paris, 118, 1235, 1935
- 4 Cairns H.  
Disturbances of consciousness with lesions of the brain-  
stem and diencephalon.  
Brain, 75, 109, 1952
- 5 Cantieni J.  
Ein Beitrag zur CO<sub>2</sub> - Betäubung von Schlachtschweinen.  
Schweiz. Arch. Tierheilk., 119, 355, 1977
- 6 Christian W.  
Klinische Elektroencephalographie.  
Thieme, Stuttgart, 1975
- 7 De Lahunta A.  
Veterinary Neuroanatomy and Clinical Neurology.  
W.B. Saunders Company, Philadelphia
- 8 Fricker Ch.  
Die elektrische Betäubung von Hühnern vor dem Schlachten  
mit Wechselstrom von 50 Hz.  
Diss., Zürich, 1974
- 9 Ganong W.F.  
Lehrbuch der medizinischen Physiologie.  
Springer, Berlin, 1974
- 10 Hassler R.  
Das Schmerzerlebnis in Abhängigkeit vom neuronalen System.  
Psychother. Psychosom., 14, 345, 1966

- 11 Janzen R., Müller E.  
Ueber Indikation, Möglichkeiten und Grenzen der hirnelektrischen Untersuchung beim gedeckten Schädel-Hirn-Trauma.  
Monatschr. Unfallheilk., 58, 225, 1955
- 12 Klemm W.R.  
Animal Encephalography.  
Academic Press, New York and London, 1969
- 13 Lindsey D.B. et al.  
Behavioral and EEG changes following chronic brain stem lesions in the cat.  
EEG Clin. Neurophysiol., 2, 483, 1950
- 14 Lindsey D.B. et al.  
Effect upon the EEG of acute injury to the brain stem activating system.  
EEG Clin. Neurophysiol., 1, 475, 1949
- 15 Loeb C.  
Electroencephalographic changes during the state of coma.  
Electroencephalog. Clin. Neurophysiol., 10, 589, 1958
- 16 Lorenzoni F.  
Das EEG im Koma nach akuten Schädel-Hirn-Traumen.  
Hefte zur Unfallheilk., 111, 237, 1972
- 17 Müller A., Engeli P.  
Die elektrische Betäubung von Schlachtschweinen.  
Die Fleischwirtschaft, 10, 1346, 1968
- 18 Nickel, Schummer, Seiferle  
Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Bd. 4  
Paul Parey, Berlin und München
- 19 Otomo E.  
Betawave activity in the electroencephalogram in case of coma due to acute brain stem lesions.  
J. Neurol. Neurosurg. Psychiat., 29, 383, 1966
- 20 Poek K.  
Einführung in die klinische Neurologie.  
Springer, Berlin, 1966
- 21 Ruckebusch Y.  
Un problème controversé: La perte de vigilance chez le cheval et la vache au cours du sommeil.  
Cah. méd. vét., 39, 210, 1970

- 22 Siegenthaler W.  
Klinische Pathophysiologie.  
Thieme, Stuttgart, 1973
- 23 Schneider J. et al.  
Die Bedeutung der Elektroencephalographie in der Veterinär-  
medizin. Methoden zur Ableitung des Elektroencephalogramms  
beim Rind.  
Arch. exper. Vet. med., 32, 9, 1978
- 24 Schwarz R.  
Das EEG nach firschen Hirntraumen.  
Nervenarzt, 24, 477, 1953
- 25 Steinmann H.W.  
Das EEG bei der Untersuchung und Begutachtung von Schädel-  
Hirn-Traumen.  
Arbeit u. Gesundheit, 69, 81, 1959



Danken möchte ich

- Herrn Prof. Dr. A. Müller für die Ueberlassung des  
Themas, die Unterstützung und Förderung der Arbeit,
- Herrn Prof. Dr. E. Hess für sein Interesse an der Arbeit  
und die Uebernahme des Korreferates,
- Herrn Dr. Ch. Fricker für seine konsequente Leitung  
der Arbeit,
- Herrn Dr. M. Becker für die Leitung der Blutdruck- und Herz-  
frequenz-Messungen,
- Herrn med. vet. W. Breitenmoser für seine Hilfsbereitschaft  
bei der Ausführung der Versuche,
- Frl. G. Pelloni und Frl. E. Ammann für ihre Zeichnungen und  
Reinschrift der Tabellen,
- Frl. C. Bär und Frl. M. Hess für die Reinschrift des Manu-  
skriptes

Mein Dank gilt aber auch den anderen ungenannten Helfern, die  
zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

## Lebenslauf

Name: Riek Walter

Heimatort: Emmen LU

Geboren: 04.06.1950 in Nussbaumen AG

Eltern: Walter Riek und Gertrud Riek, geb. Humbel

Heirat: 1972 mit Susanna Bär

Kinder: Myriam 1973  
Samuel 1975

Schulen: 1957 - 1962 Primarschule in Nussbaumen  
1962 - 1966 Bezirksschule in Baden  
1966 - 1971 Kollegium Maria Hilf in Schwyz  
1971 Matura Typus C  
1973 - 1978 Studium der Veterinärmedizin an der  
Universität Zürich  
1978 Staatsexamen  
Seit 1978 Assistent an der Veterinär-Chirurgischen  
Klinik der Universität Zürich



